

# 现代有轨电车 列车控制方式选择

高桂桂

(北京城建设计研究总院有限责任公司 北京 100037)

**摘要** 对现代有轨电车可采用的司机人工控制方式和列车自动控制方式进行适用性研究,分析行车需求、环境条件、平交路口控制方式、工程实施方式、景观需求、投资及维护等因素对选择列车控制方式的影响及相互制约关系,提出现代有轨电车工程选择列车控制方式的原则和思路,即:行车需求低的有轨电车工程适合司机人工控制的方式;行车需求高的工程须采用列车自动控制的方式实现安全防护,此时应尽量创造封闭的线路环境,通过立交的方式减少平交路口,为信号系统提供实施自动控制的条件。

**关键词** 有轨电车;信号系统;列车控制方式  
**中图分类号** U482.1      **文献标志码** A  
**文章编号** 1672-6073(2013)06-0120-03

## 1 开展有轨电车研究的重要意义

近年来,国外许多城市掀起了有轨电车复兴热潮,使得人们对有轨电车有了重新认识,现代有轨电车以其自身拥有的优势正在国内悄然兴起<sup>[1]</sup>。我国继大连、天津、上海成功运营有轨电车之后,北京、苏州、嘉兴等城市也在积极规划和建设,沈阳浑南有轨电车已于今年开通<sup>[2~4]</sup>。

现代有轨电车以现代化、环保、充满人性化的形象进入公众的视野,通常作为城市综合交通发展战略框架中的组成部分<sup>[5]</sup>。有人将它定义为中低运量的轨道交通系统<sup>[6]</sup>,也有分析认为有轨电车是地面交通的一种,属于公交范畴。总之,现代有轨电车可理解为在传统有轨电车的基础上全面改造升级的一种先进的公共交通方式,技术进步体现在第三轨供电、导轨胶轮、

低地板车辆以及信号与控制等方面<sup>[7]</sup>,具有客运能力大、速度高、弹性灵活、舒适新颖的特点<sup>[8]</sup>。

随着现代有轨电车(以下简称“有轨电车”)服务水平的不断提升,对行车安全和效率也有了更高的要求。作为轨道交通的一种,有轨电车是否也应设计信号系统来实现列车自动控制,信号系统在有轨电车工程中是否能发挥其在常规轨道交通中的重要作用,这是进行系统设计首要考虑的问题。因此,对有轨电车工程适用的列车控制方式进行研究和探讨具有重要意义。

## 2 列车控制方式的选择

信号系统是保证列车运行安全、实现行车指挥和列车运行现代化、提高运输效率的关键系统。在轨道交通中,信号系统可根据不同的需求进行多种功能配置,从最基本的保证行车安全,到完全的列车自动控制(无人驾驶)。从信号系统实施控制的角度看,有轨电车是一种兼具轨道交通和公交特点的交通方式。它采用与轨道交通相同的钢轮钢轨(或者胶轮+导轨),通过道岔改变路径;具有介于轨道交通和公交之间的运行速度、载客量等性能参数;行驶在与公交类似的开放的交通环境中,运营组织灵活。传统老式的有轨电车在城市街道行驶,行车速度低,司机人工驾驶列车和控制道岔,运行安全完全由司机保证。现代有轨电车行车速度明显提高,载客量逐渐增大,具有更加优越的车辆性能,对行车安全和效率也有了更高的要求。人工控制和采用信号系统自动控制列车,哪种方式更适用于有轨电车工程,需结合有轨电车的特点确定。

### 2.1 行车需求是确定列车控制方式的依据

传统的有轨电车行车需求低(行车速度低、运行间隔大),列车质量小,司机瞭望发现前方有车后实施制动,可保证列车安全。有轨电车质量大,随着行车需求的

收稿日期:2013-10-25

作者简介:高桂桂,女,工学硕士,工程师,从事轨道交通信号系统设计,gao-gui-gui@163.com

基金项目:北京市科委科技计划课题(D101100049610001)

增高,以人的能力控制将越发困难,甚至不能保证安全,所以必须采用基于设备控制的信号系统。这里司机的控车能力成为一个关键点,要考虑人的反应时间,考虑现场各时段的光线或照明条件,在最困难的线路条件(最大下坡道、弯道)下计算,并留有一定的余量。因此,有轨电车的列车控制方式应基于行车速度、间隔等参数,结合列车质量(满载)、制动性能、线路坡度等数据,并考虑司机能力和瞭望条件等外部因素来计算确定。

## 2.2 列车控制方式的选择应基于线路环境条件

轨道交通信号系统实施自动控制的前提是列车行驶在封闭的环境中,即系统仅考虑环境内的各种因素影响进行控制,不受外界因素干扰。而有轨电车往往行驶于城市道路上,线路开放或半封闭,受社会车辆、行人、平交路口垂直方向交通流等不确定因素的影响。如果考虑在信号系统现有功能的基础上增加对上述影响因素的检测和控制,会使系统复杂程度大大增加,造成可靠性降低,这对以安全控制为核心的信号系统影响较大。另外,不可预期的外界影响造成列车频繁的减速和制动,经常性地偏离列车时刻表,造成系统可用性降低,不能达到提高行车效率的目的。因此,开放的环境不利于信号系统实施控制,应尽量降低行车需求,采用人工控制的方式;如行车需求较高,则应尽量对线路进行封闭处理。

## 2.3 列车控制方式与路口控制方式密切相关

大运量城市轨道交通严禁与公共交通平面交叉,而有轨电车行驶在公共交通环境中,线路上多存在平交路口,这也是二者的一个重要差别。平交路口的处理,可考虑道口控制和公共交通灯(红绿灯)控制两种方式。道口控制在平交路口设物理隔离设施,为列车通行创造了封闭的环境,具备采用信号系统控制的可能。但是列车通过前后的保护时间及设备转换时间长,将对垂直方向的公共交通流造成影响,如果有轨电车的行车间隔小,出现列车接连通过的情况,则很有可能堵塞垂直方向的交通;并且市区内道口需设道口通知装置并有人值守,投资和运营成本高。采用公共交通灯控制方式,有轨电车与公共交通工具一样按交通灯显示行车,也可设计信号优先功能使其优先通过,在路口面临行人和车辆等因素的影响时,更适合采用司机人工控制的方式。

## 2.4 轨旁设备设置、线路景观需求的影响

有轨电车工程线路一般选在城市道路上,线路环境开放,且有可能与其他交通工具混行,轨旁设备越少越好。过多的轨旁设备将会造成以下问题:设备暴露在交通环境中,极易受到公共车辆、行人的碾压,造成设备损

坏;设备暴露在开放的环境中,易被盗,造成财产损失;轨旁设备与轨道之间易积杂物,影响设备性能,增加了运营维护工作量;设备本身及轨旁控制箱盒的存在与平整的轨面和路面不协调,影响线路景观;若设备实现埋入地下的隐蔽安装,则需对轨旁排水提出更高的要求,造成工程实施成本增高;维修保养工作量大。而司机人工控制的方式,意味着系统的简化和轨旁设备的减少,更适合线路开放的有轨电车工程。

## 2.5 间隔控制理念对选择行车控制方式的影响

信号系统基于闭塞的理念对列车进行间隔控制,使列车能够高速地、按照设定的间隔行驶,准点到站。有轨电车易受外界因素干扰,如采用行车间隔控制,一列车的延误将造成后续列车的接连延误;如采用类似于公交的运营组织方法,控制发车间隔,不控制行车间隔,允许两辆以上的车辆以很近的间距行驶(即形成“串车”)或者同时在站内停靠,目前的信号系统无法实现该种运营需求。

## 2.6 其他因素

基于故障-安全理念设计的信号系统控制,比人工控制具有更好的安全性,也使工程整体的自动化水平显著提升。人工控制所需的信号系统简单、设备少,相对于基于设备控制的信号系统,可大幅降低系统投资和后期维护成本。

## 3 国内外应用有轨电车的概况

目前,国外既有的有轨电车因大部分线路在闹市区而与其他交通工具混行,行车速度较低,采用司机人工控制的方式,如法国的波尔多、里昂有轨电车等;一些存在地下段或大破道等特殊情况的工程,在局部区段设信号系统,其他部分由司机人工控制列车,如西班牙马德里有轨电车、改造后的阿尔及利亚康斯坦丁有轨电车等;有的工程行车需求高、线路环境具备条件,全线设信号系统,如迪拜有轨电车。

我国目前已开通的有轨电车工程,有老式传统的大连有轨电车,以及新型的现代有轨电车——天津滨海新区新交通和上海张江有轨电车,均采用司机人工控制方式;长春轻轨净月线属于有轨电车还是轻轨,界定比较模糊,该工程线路半封闭、行车速度较高,采用了信号系统自动控制列车的方式。

## 4 结论

列车控制方式受多种因素影响,应结合具体工程的特点和功能需求确定。行车需求低的有轨电车工程适合由司机人工控制的方式;行车需求高的工程须采

用列车自动控制的方式实现安全防护,此时应尽量创造封闭的线路环境,通过立交的方式减少平交路口,为信号系统提供实施自动控制的条件。总之,有轨电车工程是一个各专业设计方案互相匹配的系统工程,应根据实际情况确定适用的列车控制方式。

参考文献

[1] 王明文,王国良,张育宏.现代有轨电车与城市发展适应模式探讨[J].城市交通,2007,5(6):70-72.  
[2] 朱宗智.新型现代有轨电车将落户天津开发区[J].建设,2005(3):42.  
[3] 叶芹禄.论城市有轨电车及其系统的技术特性[J].铁道

勘测与设计,2008(1):19-22.

[4] 徐正和.现代有轨电车的崛起与探索[J].现代城市轨道交通,2005(2):12-15.  
[5] Cornet N,李依庆,华凌晨.现代化有轨电车系统在中国城市的发展前景[J].现代城市轨道交通,2008(6):60-62.  
[6] 訾海波,过秀成,杨洁.现代有轨电车应用模式及地区适用性研究[J].城市轨道交通研究,2009,12(2):46-49.  
[7] 卫超,顾保南.欧洲现代有轨电车的发展及其启示[J].城市轨道交通研究,2008,11(1):11-14.  
[8] 薛美根,杨立峰,程杰.现代有轨电车主要特征与国内外发展研究[J].城市交通,2008,6(6):88-91.

(编辑:曹雪明)

Selection of Train Control Mode in Modern Tram

Gao Guigui

(Beijing Urban Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Beijing 100037)

**Abstract:** The applicability research of modern tram control mode could be classified into manual control and automatic control. The paper analyzed how operational requirements, environment conditions, control mode of flat crossing, project implementation method, landscape requirement, investment and maintenance, etc., affect modern tram control mode and how they affect and restrict each other. The method and principles of the selection of train control mode in modern tram project were proposed in the end. Manual control is fit to the condition that operational demand is low; on the other hand, automatic control should be supported by safety protection. In this case, closed environment of railway line should be provided, and the number of flat crossings should be reduced by overpass. All these are to create the conditions for signal system to implement automatic control.

**Key words:** modern tram; signal system; train control mode

(上接第 119 页)

现代有轨电车的建设规范化和标准化。

参考文献

[1] 沈阳市规划设计研究院.沈阳市东陵(浑南)区三环以内分区规划调整[R].沈阳,2011.  
[2] 清华大学交通研究所.沈阳东陵(浑南)区综合交通规划轨道交通线网规划报告[R].北京,2011:1-5.  
[3] 周楠森,曹型荣.城市交通规划[M].北京:机械工业出版社,2011:96-102.  
[4] GB 50090—2006 铁路线路设计规范[S].北京:中国铁道出版社,2006:68-80.  
[5] GB 50157—2003 地铁设计规范[S].北京:中国计划出版

社,2003:251-265.

[6] CJJ 37—2012 城市道路设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012:28-29.  
[7] 北京城建设计研究总院有限责任公司.沈阳市浑南新区现代有轨电车一期工程1、2、3、5号线可行性研究报告[R].北京,2011:1-5.  
[8] CJ/T 417—2012 低地板有轨电车车辆通用技术条件[S].北京:中国标准出版社,2012:3.  
[9] 张晋,梁青槐,孙福亮,等.现代有轨电车适用性研究[J].都市轨道交通,2013,26(5):6-9.

(编辑:曹雪明)

Modern Tram Engineering Design Techniques for Shenyang Hunnan District

Hao Xiaoliang

(Beijing Urban Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Beijing 100037)

**Abstract:** The general guiding principle of modern tram's design was summarized based on the Shenyang Hunnan new district's modern trams project. The overall guiding ideology of the trams design includes being people-oriented, adjusting measures to local conditions, and both considering micro and macro conditions. Focuses of different aspects like roadside areas, road areas, crossings, bridges, switch areas, single-side slope sections, etc., are illustrated in line design. The conclusions are helpful to establish modern tram's design and construction standardization.

**Key words:** modern trams; line design; Shenyang Hunnan new district